

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局



(43) 国際公開日  
2011年1月13日(13.01.2011)

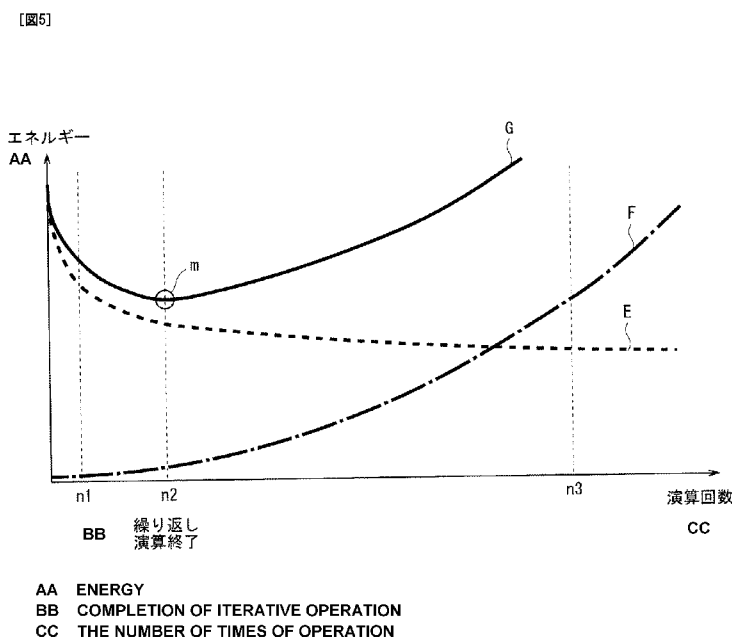
PCT

(10) 国際公開番号  
WO 2011/004640 A1

- (51) 国際特許分類: G06T 7/60 (2006.01)
  - (21) 国際出願番号: PCT/JP2010/054676
  - (22) 国際出願日: 2010年3月18日(18.03.2010)
  - (25) 国際出願の言語: 日本語
  - (26) 国際公開の言語: 日本語
  - (30) 優先権データ: 特願 2009-162613 2009年7月9日(09.07.2009) JP
  - (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): コニカミノルタエムジー株式会社 (Konica Minolta Medical & Graphic, Inc.) [JP/JP]; 〒1918511 東京都日野市さくら町1番地 Tokyo (JP).
  - (72) 発明者: および
  - (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 藤原 浩一 (FUJIWARA Koichi) [JP/JP]; 〒1918511 東京都日野市さくら町1番地 コニカミノルタテクノロジーセンター株式会社内 Tokyo (JP). 遠山 修 (TOYAMA Osamu) [JP/JP]; 〒1918511 東京都日野市さくら町1番地 コニカミノルタテクノロジーセンター株式会社内 Tokyo (JP).
  - (74) 代理人: 吉竹 英俊, 外(YOSHITAKE Hidetoshi et al.); 〒5400001 大阪府大阪市中央区城見1丁目
  - (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
  - (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).
- 添付公開書類:  
— 国際調査報告 (条約第21条(3))

(54) Title: CONTOUR EXTRACTION DEVICE AND PROGRAM

(54) 発明の名称: 輪郭抽出装置およびプログラム



(57) Abstract: Disclosed is a technique capable of appropriately balancing the adequacy and calculation cost of contour extraction. An energy function setting unit sets an energy function which is expressed by the weighted linear sum of a plurality of kinds of energy terms that are defined correspondingly to the state of a dynamic curve, and which is formulated so that the closer to the shape of a contour to be extracted, the smaller the value becomes, and an iterative operation processing unit minimizes the energy function by means of iterative operation. A completion instruction unit sets an auxiliary function which is formulated so as to be monotonically increased in accordance with the number of iteration of the iterative operation, and sets a determination function which is expressed by the linear sum of the auxiliary function and the energy function. Then, the completion instruction unit determines the point at which the minimum value has appeared in the determination function in the process of the iterative operation as the completion timing of the iterative operation processing.

(57) 要約:

[続葉有]

WO 2011/004640 A1

---

本発明の目的は、輪郭抽出の適確性と計算コストとを妥当にバランスさせることを可能とする技術を提供することである。この目的を達成するために、エネルギー関数設定部が、動的曲線の状態に対応して定義される複数種類のエネルギー項の重み付き線形和により表され、抽出すべき輪郭の形状に近づくほど、その値が小さくなるように定式化されたエネルギー関数を設定し、繰り返し演算処理部が、エネルギー関数を繰り返し演算により最小化させる。終了指示部は、繰り返し演算の繰り返し回数に応じて単調増加するように定式化された補助関数を設定し、この補助関数とエネルギー関数との線形和により表される判定関数を設定する。そして、繰り返し演算の過程で判定関数に極小値が現れた時点を、繰り返し演算処理の終了タイミングと判断する。

## 明 細 書

**発明の名称**： 輪郭抽出装置およびプログラム

### 技術分野

[0001] この発明は、曲線が変形を繰り返して収束することによって輪郭を抽出する動的輪郭モデルを用いて、画像に含まれる対象物の輪郭を抽出する技術に関する。

### 背景技術

[0002] 医療現場では、超音波やX線等を用いて内蔵や骨格等に含まれる患部を撮影することにより、各種検査や診断が行われている。これにより、体内の臓器等の情報が視覚的に把握可能となり診断精度の向上が期待できる。

[0003] 一方で、近年においては、計算機を援用した定量的或いは自動的診断の要望が強まっており、計算機による診断支援（CAD：Computer-aided diagnosis）システムの研究が盛んに行われている。計算機による診断支援を行うには、患部を撮像して得られた画像から診断に必要な情報、つまり臓器領域等を正確に抽出することが重要な課題となる。

[0004] 画像から対象物の輪郭を抽出する手法として、レベルセット（Level set）、スネーク（Snakes）といった動的輪郭モデル（Active Contour Model）を用いた手法が知られている。動的輪郭モデルとは、所定の変形傾向に沿って変形を繰り返す曲線（動的曲線）によって、対象物の輪郭を動的に抽出する手法である。動的曲線の変形傾向は、曲線の状態を定量的に評価した値である「動的曲線のエネルギー」によって規定される。「動的曲線のエネルギー」は、動的曲線が対象物の輪郭を抽出した時点で最小となるように予め定義される。したがって、動的曲線のエネルギーが最小となるように動的曲線を変形させていき、エネルギーが最小となる安定状態を見つけることによって、対象物の輪郭を抽出することができるのである。

[0005] つまり、動的輪郭モデルとは、動的曲線が対象物の輪郭を抽出した時に最小となるエネルギー関数を定義し、このエネルギー関数が最小となる安定状

態を見つけることによって、対象物の輪郭を抽出する手法であるといえる。  
エネルギー関数の最小化処理は、一般に、繰り返し演算によって行われる。

[0006] 動的曲線のエネルギーは、例えば下記（式1）の関数Eの形で表される。

[0007]  $E = W_i * E_i + W_e * E_e \quad \dots$ （式1）

[0008] すなわち、エネルギー関数Eは、動的曲線の状態に対応して定義される複数種類のエネルギー項の重み付き線形和として定義され、エネルギー項としては、例えば、動的曲線自体の形状（例えば、滑らかさ）から規定されるエネルギー項（内部エネルギー項） $E_i$ 、動的曲線と対象物の輪郭との一致度から規定されるエネルギー項（外部エネルギー項） $E_e$ を採用することができる。ただし、上述した通り、エネルギー関数Eは、動的曲線が適切な形で対象物の輪郭を抽出した時に最小となるように定義する必要があるので、各エネルギー項は、動的曲線が目標形状に近づくほど、その値が小さくなるように定式化されている必要がある。

[0009] 例えば、外部エネルギー項 $E_e$ は、動的曲線と対象物の輪郭との一致度が高いほど小さな値となるように定式化される。エネルギー関数Eに外部エネルギー項 $E_e$ が導入されることによって、対象物の輪郭を忠実に抽出する傾向に動的曲線を変形させることができる。ただし、外部エネルギー項 $E_e$ だけでエネルギー関数Eを規定してしまうと、抽出された輪郭が画像中に現れているノイズ等までも忠実に再現したものになってしまうため、逆に対象物の形状が逆に把握されにくい。そこで、動的曲線が滑らかになるほど小さな値となるように定式化された内部エネルギー項 $E_i$ をエネルギー関数Eに導入しておく。エネルギー関数Eに内部エネルギー項 $E_i$ が導入されることによって、動的曲線自身の形状を滑らかにする傾向に動的曲線を変形させることができる。このように、エネルギー関数Eに内部エネルギー項 $E_i$ と外部エネルギー項 $E_e$ との2項を導入し、これらを適切にバランスさせることによって、適切な形で対象物の輪郭を抽出することが可能となる。

[0010] ただし、エネルギー関数Eにおいて、複数種類のエネルギー項 $E_i$ 、 $E_e$ をどのようにバランスさせるかは、画像の状態、対象物の形状、対象物の滑

らかさ等に依存し、一般的に決定できるものではない。そこで、エネルギー項  $E_i$ 、 $E_e$  のそれぞれに重み付け係数  $W_i$ 、 $W_e$  を付加し、対象物の形状等に応じてその値を調整することによって、各エネルギー項  $E_i$ 、 $E_e$  のバランスを調整する。例えば、内部エネルギー項  $E_i$  の重み付け係数  $W_i$  を大きくすると、エネルギー関数  $E$  が最小値となった時点の動的曲線の形状がより滑らかになる。一方、外部エネルギー項  $E_e$  の重み付け係数  $W_e$  を大きくすると、エネルギー関数  $E$  が最小値となった時点の動的曲線が対象物の輪郭をより忠実に捉えたものとなる。このように、重み付け係数の値によって、結果として得られる曲線の様子が変わってくる。

[0011] 例えば、特許文献 1 および非特許文献 1 には、代表的な動的輪郭モデルの 1 つであるスネークの概要について説明されている。

## 先行技術文献

### 特許文献

[0012] 特許文献 1：特開平 10-11588 号公報

### 非特許文献

[0013] 非特許文献 1：美濃導彦、天野晃「Snakes：現在・過去・未来」信学技報、45 8 (12), 81-88, (1997)

## 発明の概要

### 発明が解決しようとする課題

[0014] 上述した通り、動的輪郭モデルにおいては、予め設定されたエネルギー関数を、繰り返し演算等によって最小化させることによって対象物の輪郭を抽出する。すなわち、繰り返し演算の繰り返し回数が進むにつれて、エネルギー関数は、例えば図 3 に模式的に示されるように徐々に小さくなる。これに対応して動的曲線の形状は対象物の輪郭に近づいていく。そして、十分な回数の繰り返しが重ねられると、エネルギー関数はある一定の値に収束する。これに対応して動的曲線の形状も安定状態に収束し、対象物の輪郭を適確に抽出した動的曲線が得られる。

[0015] したがって、本来、動的輪郭モデルにおいては、エネルギー関数が完全に収束するまで繰り返し演算を続け、エネルギー関数が完全に収束した際の動的曲線を取得することが望ましい。ここで得られた動的曲線が、対象物の輪郭を最も適確に抽出したものとなっているからである。エネルギー関数が完全に収束する前の動的曲線は、まだ変形途中であり、対象物の輪郭を適確に抽出しているとはいえない。

[0016] しかしながら、一般に、エネルギー関数は、図3に示されるように、収束が近づくとつれてその変化がなだらかになるため、これを完全に収束させようとすると相当な回数の繰り返し演算を行わなければならない、多大な計算コストが掛かってしまう。

[0017] この発明は、このような事情に鑑みなされたものであり、輪郭抽出の適確性と計算コストとを妥当にバランスさせることを可能とする技術を提供することを目的とする。

### 課題を解決するための手段

[0018] 上記課題を解決するために、第1の態様に係る輪郭抽出装置は、動的輪郭モデルを用いて対象物の輪郭を抽出する輪郭抽出装置であって、自然物を撮像して得られた対象画像を取得する画像取得部と、前記対象画像に表れる対象物の輪郭を抽出するための動的曲線の初期形状を設定する初期形状設定部と、前記動的曲線の状態に対応して定義される複数種類のエネルギー項の重み付き線形和により表され、抽出すべき輪郭の形状に近づくほど、その値が小さくなるように定式化されたエネルギー関数を設定するエネルギー関数設定部と、前記エネルギー関数を繰り返し演算により最小化させる繰り返し演算部と、前記繰り返し演算の繰り返し回数に応じて変化するように定式化された補助関数を設定する補助関数設定部と、前記繰り返し演算の過程における前記エネルギー関数の変移と、前記繰り返し演算の過程における前記補助関数の変移とに基づいて、前記繰り返し演算を終了する終了タイミングを判断する終了タイミング判断部と、を備える。

[0019] 第2の態様に係る輪郭抽出装置は、第1の態様に係る輪郭抽出装置であつ

て、前記補助関数が、前記繰り返し回数に応じて単調増加するように定式化された関数である。

[0020] 第3の態様に係る輪郭抽出装置は、第2の態様に係る輪郭抽出装置であって、前記補助関数が、その増加率が前記繰り返し回数に応じて大きくなる関数である。

[0021] 第4の態様に係る輪郭抽出装置は、第2の態様または第3の態様に係る輪郭抽出装置であって、前記終了タイミング判断部が、前記エネルギー関数と前記補助関数との線形和により表される判定関数を設定する判定関数設定部、を備え、前記繰り返し演算の過程で前記判定関数に極小値が現れた時点を、前記終了タイミングと判断する。

[0022] 第5の態様に係る輪郭抽出装置は、第2の態様または第3の態様に係る輪郭抽出装置であって、前記終了タイミング判断部が、前記繰り返し演算の過程で前記エネルギー関数の値が前記補助関数の値よりも小さくなった時点を、前記終了タイミングと判断する。

[0023] 第6の態様に係るプログラムは、コンピュータに記憶され、前記コンピュータにおいて実行されることにより、前記コンピュータを、動的輪郭モデルを用いて対象物の輪郭を抽出する輪郭抽出装置として機能させるプログラムであって、前記輪郭抽出装置が、自然物を撮像して得られた対象画像を取得する画像取得部と、前記対象画像に表れる対象物の輪郭を抽出するための動的曲線の初期形状を設定する初期形状設定部と、前記動的曲線の状態に対応して定義される複数種類のエネルギー項の重み付き線形和により表され、抽出すべき輪郭の形状に近づくほど、その値が小さくなるように定式化されたエネルギー関数を設定するエネルギー関数設定部と、前記エネルギー関数を繰り返し演算により最小化させる繰り返し演算部と、前記繰り返し演算の繰り返し回数に応じて変化するように定式化された補助関数を設定する補助関数設定部と、前記繰り返し演算の過程における前記エネルギー関数の変移と、前記繰り返し演算の過程における前記補助関数の変移とに基づいて、前記繰り返し演算を終了する終了タイミングを判断する終了タイミング判断部と

、を備える。

### 発明の効果

- [0024] 第1から第5の態様に係る輪郭抽出装置、および、第6の態様に係るプログラムのうちいずれによっても、繰り返し演算を終了する終了タイミングを、繰り返し演算の過程におけるエネルギー関数の変移だけでなく、繰り返し演算の過程における補助関数の変移をも加味して判断する。すなわち、輪郭抽出の適確性の指標となるエネルギー関数の値だけでなく、計算コストの指標となる繰り返し演算の繰り返し回数をも加味して終了タイミングを特定する。これによって、輪郭抽出の適確性と計算コストとを妥当にバランスさせることができる。
- [0025] 特に、第3の態様に係る輪郭抽出装置によると、補助関数が、その増加率が繰り返し回数に応じて大きくなる関数であるので、最低限必要な輪郭抽出の適確性を確実に保証しつつ、計算コストが過大となることを防止することができる。
- [0026] 特に、第4の態様に係る輪郭抽出装置によると、エネルギー関数と補助関数との線形和により表される判定関数を設定する。繰り返し演算の過程で減少するエネルギー関数と、繰り返し演算の過程で単調増加する補助関数との線形和により表される判定関数には極小値が現れるので、ここでは、この極小値が現れた時点を終了タイミングと判断する。この構成によると、簡易な構成で、適切な終了タイミングを特定することが可能となる。
- [0027] 特に、第5の態様に係る輪郭抽出装置によると、繰り返し演算の過程でエネルギー関数の値が補助関数の値よりも小さくなった時点を、終了タイミングと判断する。すなわち、繰り返し演算の終了判定の基準値が、繰り返し演算の繰り返し回数に応じて単調増加するように定式化された補助関数により規定されることになる。この構成によると、繰り返し演算の繰り返し回数が多くなるにつれて終了判定の基準が甘くなるので、エネルギー関数がなかなか減少しない場合であっても、計算コストが過大になることを防止することができる。

## 図面の簡単な説明

- [0028] [図1] 図 1 は、輪郭抽出装置のハードウェア構成を示すブロック図である。
- [図2] 図 2 は、輪郭抽出機能に関する構成を示すブロック図である。
- [図3] 図 3 は、エネルギー関数を模式的に例示する図である。
- [図4] 図 4 は、補助関数を模式的に例示する図である。
- [図5] 図 5 は、判定関数を模式的に例示する図である。
- [図6] 図 6 は、輪郭抽出装置において実行される処理の流れを示す図である。
- [図7] 図 7 は、対象画像データ、および、対象画像データについて設定される初期動的曲線を模式的に示す図である。
- [図8] 図 8 は、繰り返し演算の過程で変形する動的曲線の様子を模式的に示した図である。
- [図9] 図 9 は、輪郭抽出機能に関する構成を示すブロック図である。
- [図10] 図 10 は、輪郭抽出装置において実行される処理の流れを示す図である。
- [図11] 図 11 は、終了指示部が実行する処理を説明するための図である。
- [図12] 図 12 は、一定の基準値を用いた場合の終了タイミングを説明するための図である。
- [図13] 図 13 は、一定の基準値を用いた場合の終了タイミングを説明するための図である。
- [図14] 図 14 は、判定基準関数を用いた場合の終了タイミングを説明するための図である。

## 発明を実施するための形態

[0029] <第 1 の実施の形態>

<1. ハードウェア構成>

この発明の第 1 の実施の形態に係る輪郭抽出装置 1 のハードウェア構成について、図 1 を参照しながら説明する。図 1 は、輪郭抽出装置 1 のハードウェア構成を示すブロック図である。

[0030] 輪郭抽出装置 1 は、処理対象とされる画像データ（以下「対象画像データ

」という)に現れる対象物の輪郭を、動的輪郭モデルを用いて抽出する。輪郭抽出装置1は、一般的なコンピュータにより構成されており、制御部2、表示部3、操作部4、入力部5、および、記憶部6をバスライン10に接続した構成となっている。

[0031] 制御部2は、例えばCPUによって構成され、記憶部6に記憶されるプログラムPを実行することによって、輪郭抽出装置1全体の動作を決定し、輪郭抽出装置1全体に指令を与える。

[0032] 表示部3は、液晶表示ディスプレイ等によって構成され、制御部2で生成される画像データなどを可視的に出力する。

[0033] 操作部4は、キーボード、タッチパネルまたはマウス等から構成され、ユーザの各種操作にしたがって各種指令信号を制御部2に送信する。

[0034] 入力部5は、対象画像データとなる画像データを入力する。入力部5が画像データを取得する態様はどのようなものであってもよい。例えば、外部装置から画像データをオンライン受信してもよく、DVD等の可搬型の記憶媒体からのデータの読み取りや、スキャナによる読み取りによって画像データを取得してもよい。あるいは、ネットワークで接続されたファイルサーバなどに画像データを記憶しておき、これを読み込むことによって画像データを取得してもよい。入力された画像データは、記憶部6に記憶される。ただし、この実施の形態においては、対象画像データは、自然物(例えば、人間を含む動物や植物、風景等)を撮像して得られた画像データであるとする。

[0035] なお、輪郭抽出装置1を医療用画像撮影装置と接続しておけば、医療用画像撮影装置により撮像された各種の画像データを対象画像データとすることも可能となる。例えば、医療用画像撮影装置として広く用いられている装置の1つに、超音波撮影装置がある。超音波撮影装置は、2.5MHz~13.0MHzの超音波を撮影対象者の内蔵等の所定部位に当て、その反響を映像化することによって当該部位の超音波画像を取得する。この超音波撮影装置を輪郭抽出装置1と接続しておけば、超音波撮影装置により撮影された撮影対象者の内蔵等を表す超音波画像を入力部5を介して入力し、これを対象

画像データとすることが可能となる。

[0036] 記憶部 6 は、例えば半導体メモリ、ハードディスクなどの記憶装置によって構成される。記憶部 6 には、制御部 2 で実行されるプログラム P、プログラム P を実行する際に必要な情報、入力部 5 から入力された画像データなどの各種の情報が記憶される。

[0037] 〈2. 輪郭抽出に関する機能部〉

輪郭抽出装置 1 は、対象画像データに現れる対象物の輪郭を、動的輪郭モデルを用いて抽出する機能（輪郭抽出機能）を備えている。ただし、動的輪郭モデルとは、上述した通り、動的曲線を変形させながら対象物の輪郭を抽出する方法である。具体的には、動的曲線が対象物の輪郭を抽出した時に最小となるエネルギー関数を定義し、繰り返し演算でこのエネルギー関数の最小化処理を行ってエネルギー関数の値が最小となる安定状態を見つけることによって、対象物の輪郭を抽出する。

[0038] 輪郭抽出機能を実現するための構成について、図 2 を参照しながら説明する。図 2 は、輪郭抽出機能に関する構成を示すブロック図である。なお、以下においては、図 3 ~ 図 5 を適宜参照する。図 3 ~ 図 5 の各図は、エネルギー関数 E、補助関数 F、判定関数 G のそれぞれを模式的に例示する図である。

[0039] 輪郭抽出装置 1 は、輪郭抽出機能に関する構成として、画像取得部 1 1、初期形状設定部 1 2、エネルギー関数設定部 1 3、繰り返し演算処理部 1 4、終了指示部 1 5 を備える。これら各部は、記憶部 6 に記憶されたプログラム P に従って制御部 2 が演算処理を行うことにより実現されてもよいし、専用のハードウェアによって実現されてもよい。

[0040] 画像取得部 1 1 は、対象画像データを取得する。例えば、記憶部 6 に記憶された画像データのうち、ユーザが指定したものを読み出して対象画像データとして取得する。

[0041] 初期形状設定部 1 2 は、動的曲線の初期形状を設定する。具体的には、例えば、対象画像データを表示部 3 に表示させ、ユーザが当該表示画面を見な

から操作部4から入力した形状を、動的曲線の初期形状として受け付ける。また、1以上の初期形状のサンプルを記憶部6に記憶しておき、記憶されたサンプルのうちのいずれかをユーザに選択させ（もしくは、初期形状設定部12が対象画像データに付された名称等に基づいて自動に選択し）、選択されたサンプルを動的曲線の初期形状として読み出す構成としてもよい。なお、動的曲線の初期形状はどのようなものであってもよいが、輪郭抽出に係る処理を効率的かつ適確に行うためには、対象物の輪郭となるべく近い形状であることが好ましい。なお、初期形状における動的曲線を、以下「初期動的曲線」という。

[0042] エネルギー関数設定部13は、エネルギー関数Eを設定する。エネルギー関数Eは、動的曲線の状態に対応して定義される複数種類のエネルギー項の重み付き線形和により表される。エネルギー関数Eに含めるエネルギー項の個数、および、各エネルギー項の内容は任意に設定することができるが、この実施の形態においては、「内部エネルギー項E<sub>i</sub>」「外部エネルギー項E<sub>e</sub>」の2種類のエネルギー項を用いてエネルギー関数Eを規定する。すなわち、この実施の形態に係るエネルギー関数Eは、下記（式2）により表される関数となる。ただし、（式2）中、「W<sub>i</sub>」「W<sub>e</sub>」は、内部エネルギー項E<sub>i</sub>、外部エネルギー項E<sub>e</sub>のそれぞれに付される重み付け係数を表している。

[0043]  $E = W_i * E_i + W_e * E_e \quad \dots \text{（式2）}$

[0044] ただし、エネルギー関数Eは、抽出すべき輪郭の形状に近づくほど、その値が小さくなるように定式化されている。すなわち、内部エネルギー項E<sub>i</sub>および外部エネルギー項E<sub>e</sub>は、動的曲線が目標形状に近づくほど、その値が小さくなるように定式化されている。例えば、内部エネルギーE<sub>i</sub>は、動的曲線が滑らかになるほど小さな値となるように定式化されている。また、外部エネルギーE<sub>e</sub>は、動的曲線と対象物の輪郭との一致度が高いほど小さな値となるように定式化されている。

[0045] エネルギー関数Eにおいて内部エネルギー項E<sub>i</sub>と外部エネルギー項E<sub>e</sub>

とをどのようにバランスさせるかは、重み付け係数 $W_i$ 、 $W_e$ により規定される。この実施の形態においては、ユーザが、対象物の輪郭として予測される形状、どのような形で対象物の輪郭を抽出したいかを考慮して、重み付け係数 $W_i$ 、 $W_e$ の値を決定し、決定した値を予め（例えば輪郭抽出装置1の初期設定において）輪郭抽出装置1に入力しているものとする。このときユーザに入力された値は記憶部6に記憶されており、エネルギー関数設定部13は、当該値を読み出してエネルギー関数 $E$ を設定する。なお、重み付け係数 $W_i$ 、 $W_e$ の設定方法はこれに限らない。例えば、初期形状のサンプルと対応づけて重み付け係数 $W_i$ 、 $W_e$ の値を記憶しておき、エネルギー関数設定部13が、選択された初期形状のサンプルと対応づけられた重み付け係数 $W_i$ 、 $W_e$ の値を読み出してエネルギー関数 $E$ を設定する構成であってもよい。

[0046] 繰り返し演算処理部14は、繰り返し演算によってエネルギー関数 $E$ の最小化処理を行う。すなわち、繰り返し演算によって、動的曲線をエネルギー関数 $E$ によって規定される変形傾向に沿って変形させていく。そして、後述する終了タイミング判断部16から繰り返し演算を終了すべき旨の指示（終了指示）を受け取ると、繰り返し演算を終了し、その際の動的曲線を、対象物の輪郭を適切に抽出した動的曲線（以下「最終動的曲線」という）として取得する。

[0047] 終了指示部15は、所定のタイミングで繰り返し演算処理部14に繰り返し演算の終了指示を与える。終了指示部15は、補助関数設定部151と、終了タイミング判断部152とを備える。

[0048] 補助関数設定部151は、繰り返し演算の繰り返し回数（以下「演算回数」という）に応じて変化するように定式化された関数（補助関数 $F$ ）を設定する。具体的には、演算回数に応じて単調増加するように定式化された補助関数 $F$ を設定する。したがって、補助関数 $F$ は、演算回数を「 $n$ 」と表した場合、下記（式3）で与えられる関数となる。

[0049]  $F = f(n)$ （ただし、 $n_1 < n_2$ の場合、 $f(n_1) < f(n_2)$ ）・

・ ・ (式 3)

[0050] なお、補助関数 F は、単調増加関数であればどのような形の関数であってもよいが、この実施の形態においては、図 4 に示されるように、増加率（傾き）が演算回数に応じて大きくなる関数により規定されるものとする。

[0051] 終了タイミング判断部 152 は、繰り返し演算の過程におけるエネルギー関数 E の変移と補助関数 F の変移とに基づいて、繰り返し演算を終了するタイミング（終了タイミング）を判断する。終了タイミング判断部 152 は、判定関数設定部 1521 と、極小値検出部 1522 とを備える。

[0052] 判定関数設定部 1521 は、エネルギー関数 E と補助関数 F との線形和により表される関数（判定関数 G）を設定する。すなわち、判定関数 G は、下記（式 4）で与えられる関数となる。

[0053]  $G = E + F$  ・ ・ ・ (式 4)

[0054] エネルギー関数 E は、繰り返し演算の過程で減少する関数である（図 3 参照）。一方、補助関数 F は、繰り返し演算の過程で増加する関数である（図 4 参照）。したがって、判定関数 G は、図 5 に模式的に示されるように、極小値 m を有する関数となる。

[0055] 極小値検出部 1522 は、繰り返し演算が実行されている間、判定関数 G の変移を監視する。上述した通り、判定関数 G は、繰り返し演算の過程のどこかで極小値 m を有する。極小値検出部 22 は、繰り返し演算の過程でこの極小値 m が検出されると、その時点を終了タイミングと判断する。

[0056] 〈 3. 輪郭抽出処理の流れ〉

輪郭抽出装置 1 において実行される処理の流れについて、図 6 を参照しながら説明する。図 6 は、輪郭抽出装置 1 において実行される処理の流れを示す図である。なお、以下の説明においては、図 3～図 5 および図 7、図 8 を適宜参照する。図 7 (a) は対象画像データの一例を模式的に示す図である。図 7 (b) は、図 7 (a) に示される対象画像データについて設定される初期動的曲線（初期動的曲線 T (0)）の一例を模式的に示す図である。図 8 は、繰り返し演算の過程で変形する動的曲線の様子を模式的に示した図で

ある。特に、図 8 (a) は演算回数が  $n 1$  回 (図 5 参照) の際の動的曲線  $T (n 1)$  の様子を、図 8 (b) は演算回数が  $n 2$  回 (図 5 参照) の際の動的曲線  $T (n 2)$  の様子を、図 8 (c) は演算回数が  $n 3$  回 (図 5 参照) の際の動的曲線  $T (n 3)$  の様子を、それぞれ示している (ただし、 $n 1 < n 2 < n 3$ )。

[0057] <3-1. 全体の流れ>

はじめに、輪郭抽出装置 1 において実行される処理の全体の流れについて説明する。まず、画像取得部 1 1 が、対象画像データを取得する (ステップ S 1)。以下においては、図 7 (a) に示される超音波画像の画像データ  $Q$  が対象画像データとして取得されたとする。超音波画像においては、血管領域が暗く現れており、ここでは、この血管が、その輪郭を抽出すべき対象物であるとする。

[0058] 続いて、初期形状設定部 1 2 が、動的曲線の初期形状 (初期動的曲線) を設定する (ステップ S 2)。いま、対象物は血管であるので、抽出されるべき形状は管状であると予想される。ここでは、これを意識して、図 7 (b) に示されるように管状の初期動的曲線  $T (0)$  が設定されたとする。

[0059] 続いて、エネルギー関数設定部 1 3 が、エネルギー関数  $E$  を設定する (ステップ S 3)。ここでは、上記 (式 2) で示される関数がエネルギー関数  $E$  として設定されたとする。

[0060] 続いて、繰り返し演算処理部 1 4 が、繰り返し演算によるエネルギー関数  $E$  の最小化処理を開始する (ステップ S 4)。演算回数が重ねられるにつれてエネルギー関数  $E$  の値が減少する (図 5 参照)。これに対応して、ステップ S 2 で設定された初期動的曲線  $T (0)$  が変形して、対象物の輪郭に近づいていく (図 8 参照)。

[0061] 繰り返し演算処理部 1 4 は、終了指示部 1 5 から終了指示が与えられるまで繰り返し演算を続ける。終了指示部 1 5 から終了指示が与えられると (ステップ S 5 で YES)、繰り返し演算処理部 1 4 は繰り返し演算を終了する (ステップ S 6)。ここで得られた動的曲線が、最終動的曲線として取得さ

れる。

[0062] 〈3-2. 終了指示部15が実行する処理の流れ〉

次に、終了指示部15が実行する処理の流れについて説明する。繰り返し演算処理部14が繰り返し演算処理を開始するのに先立って、補助関数設定部151が補助関数F（（式3）および図4参照）を設定する（ステップS11）。

[0063] 続いて、判定関数設定部1521が、ステップS3にて設定されたエネルギー関数E（（式2）および図3参照）と、ステップS11で設定された補助関数Fとに基づいて、判定関数G（（式4）および図5参照）を設定する（ステップS12）。

[0064] 繰り返し演算処理部14が繰り返し演算処理を開始すると（ステップS4）、極小値検出部1522が、ステップS12で設定された判定関数Gの変移の監視を開始し（ステップS13）、判定関数Gに極小値mが現れたことを検出すると（ステップS14でYES）、その時点を終了タイミングと判断して繰り返し演算処理部14に終了指示を与える（ステップS15）。

[0065] 〈4. 効果〉

図8に示されるように、繰り返し演算処理においては、演算回数が重ねられるにつれて動的曲線の形状が変形して対象物の輪郭に近づき、演算回数が多くなるほど対象物の輪郭が適確に抽出される。したがって、輪郭抽出の適確性という面から見ると、図5に示されるように、エネルギー関数Eが完全に収束する演算回数 $n_3$ まで繰り返し演算を続け、この際の動的曲線 $T(n_3)$ を、最終動的曲線として取得することが望ましい。ところが、多くの場合、エネルギー関数Eは、図3に示されるように収束が近づくにつれて変化がなだらかとなるため、演算回数が大きくなってくると、計算コストに見合うだけの変形が動的曲線に起こらない。一方で、計算コストを小さくするために、例えば、比較的少ない演算回数 $n_1$ で繰り返し演算を終了してしまうと、エネルギー関数Eがまだ十分に小さな値となっていないので、対象物の輪郭を十分に捉えられていない動的曲線 $T(n_1)$ が最終動的曲線として取

得されることになってしまう。このように、輪郭抽出処理において、輪郭抽出の適確性と計算コストとを妥当にバランスさせるためには、繰り返し演算処理を終了するタイミングが重要となってくる。

[0066] 上記の実施の形態においては、終了指示部 15 が、動的曲線のエネルギー関数  $E$  と、演算回数に応じて変化する補助関数  $F$  との線形和により表される判定関数  $G$  を設定し、この補助関数  $F$  に極小値  $m$  が現れた際の演算回数 ( $n_2$ ) で、繰り返し演算処理部 14 に繰り返し演算処理を終了させる。このように決定された終了タイミングにおいては、輪郭抽出の適確性と計算コストとが妥当にバランスされている。

[0067] すなわち、エネルギー関数  $E$  が（完全には収束していないものの）ある程度は小さな値となっているので、対象物の輪郭を（完全ではないものの）十分適確に捉えた動的曲線  $T_{n_2}$  を最終動的曲線として取得することができる。また、これ以上繰り返し演算処理を続けても、計算コストに見合う形状変化が動的曲線に期待できないところ、そのような非効率な演算処理が行われることがない。

[0068] また、特に、補助関数  $F$  をその増加率が演算回数に応じて大きくなる関数により規定することによって、最低限必要な輪郭抽出の適確性を確実に保証しつつ、計算コストが過大となることを防止することができる。

[0069] 〈第 2 の実施の形態〉

この発明の第 2 の実施の形態に係る輪郭抽出装置 1 a について説明する。なお、以下においては、先に説明したものと同一構成要素については同じ参照符号で示し、その説明を省略する。

[0070] 〈1. ハードウェア構成〉

輪郭抽出装置 1 a のハードウェア構成は、第 1 の実施の形態に係る輪郭抽出装置 1 と同様であるのでその説明を省略する（図 1 参照）。

[0071] 〈2. 輪郭抽出に関する機能部〉

輪郭抽出装置 1 a は、第 1 の実施の形態に係る輪郭抽出装置 1 と同様、輪郭抽出機能を備えている。輪郭抽出機能を実現するための構成について、図

9を参照しながら説明する。図9は、輪郭抽出機能に関する構成を示すブロック図である。なお、以下においては、図3～図4を適宜参照する。

[0072] 輪郭抽出装置1aは、輪郭抽出機能に関する構成として、上述した画像取得部11、初期形状設定部12、エネルギー関数設定部13、繰り返し演算処理部14を備える。また、上述した終了指示部15に変えて、以下に説明する終了指示部15aを備える。これら各部は、記憶部6に記憶されたプログラムPに従って制御部2が演算処理を行うことにより実現されてもよいし、専用のハードウェアによって実現されてもよい。

[0073] 終了指示部15aは、所定のタイミングで繰り返し演算処理部14に繰り返し演算の終了指示を与える。終了指示部15aは、上述した補助関数設定部151を備える。また、上述した終了タイミング判断部152に変えて、以下に説明する終了タイミング判断部152aを備える。

[0074] 終了タイミング判断部152aは、繰り返し演算の過程におけるエネルギー関数Eの変移と補助関数Fの変移とに基づいて、終了タイミングを判断する。終了タイミング判断部152aは、判定基準関数取得部1523と、比較判断部1524とを備える。

[0075] 判定基準関数取得部1523は、繰り返し演算においてエネルギー関数Eが収束したか否かを判定する基準となる値（基準値）を規定する関数（判定基準関数H）を取得する。具体的には、補助関数設定部151が設定した補助関数Fを判定基準関数Hとして取得する。すなわち、判定基準関数Hは、下記（式5）で与えられる関数となる。

[0076]  $H = F \quad \dots \quad (式5)$

[0077] 補助関数Fは、繰り返し演算の過程で増加する関数である（図4参照）。したがって、判定基準関数Hも、繰り返し演算の過程で増加する関数となる。すなわち、基準値は、繰り返し演算が進むにつれて大きな値となる。

[0078] 比較判断部1524は、繰り返し演算が実行されている間、エネルギー関数Eの変移を監視する。そして、エネルギー関数Eの値が、判定基準関数H（すなわち、補助関数F）により規定される基準値より小さくなると、エネ

ルギー関数Eが収束したとみなし、その時点を終了タイミングと判断する。

[0079] 〈3. 輪郭抽出処理の流れ〉

輪郭抽出装置1aにおいて実行される処理の流れについて、図10を参照しながら説明する。図10は、輪郭抽出装置1aにおいて実行される処理の流れを示す図である。なお、以下の説明においては、図11を参照する。図11は、終了指示部が実行する処理を説明するための図である。

[0080] 〈3-1. 全体の流れ〉

輪郭抽出装置1aにおいて実行される処理の全体の流れ（ステップS1～ステップS6）は、第1の実施の形態と同様である。

[0081] 〈3-2. 終了指示部15aが実行する処理の流れ〉

終了指示部15aが実行する処理の流れについて説明する。繰り返し演算処理部14が繰り返し演算処理を開始するのに先立って、補助関数設定部151が補助関数F（（式3）および図4参照）を設定する（ステップS21）。

[0082] 続いて、判定基準関数取得部1523が、ステップS11で設定された補助関数Fを判定基準関数Hとして取得する（ステップS22）。

[0083] 繰り返し演算処理部14が繰り返し演算処理を開始すると（ステップS4）、比較判断部1524が、ステップS3で設定されたエネルギー関数Eの変移の監視を開始し（ステップS23）、エネルギー関数Eの値が判定基準関数H（すなわち、補助関数F）により規定される基準値より小さくなると（ステップS24でYES）、エネルギー関数Eが収束したとみなし、その時点を終了タイミングと判断して繰り返し演算処理部14に終了指示を与える（図11）（ステップS25）。

[0084] 〈4. 効果〉

上記の実施の形態に係る輪郭抽出装置1aから得られる効果について図12～図14を参照しながら説明する。図12～図14の各図には、それぞれ異なる態様で変化する3種類のエネルギー関数Ea, Eb, Ecが例示されている。

- [0085] 上述した通り、繰り返し演算処理においては、エネルギー関数 $E$ が完全に収束するまで繰り返し演算を続けることによって、対象物の輪郭を最も適確な形で抽出することができる。ところで、エネルギー関数 $E$ が収束したか否かを判断するにあたっては、予め設定された基準値が用いられることがある。つまり、エネルギー関数 $E$ が予め設定された基準値よりも小さくなると、エネルギー関数 $E$ は収束したとみなし、その時点で繰り返し演算を終了するのである。
- [0086] ここで、エネルギー関数 $E$ が完全に収束した時点を捉えようとする、図12に示されるように、この基準値を十分小さな値 $H_1$ に設定しておく必要がある。しかしながら、上述したとおり、エネルギー関数 $E$ は一般に収束が近づくとつれて変化がなだらかとなるため、基準値を小さくすると必要とされる演算回数が非常に大きくなり、計算コストが掛かってしまう。
- [0087] 一方で、演算回数を抑えて計算コストを小さくするべく、図13に示されるように、基準値を比較的大きな値 $H_2$ に設定すると、エネルギー関数 $E$ の変化の態様によっては、エネルギー関数 $E$ の値がまだ収束にほど遠い状態で繰り返し演算が終了されてしまう場合がある（例えば、エネルギー関数 $E_c$ の繰り返し演算終了タイミング参照）。このような場合においては、動的曲線が対象物の輪郭を十分に捉えられていないうちに、繰り返し演算が終了されてしまうことになる。
- [0088] 上記の実施の形態においては、終了指示部15aが、演算回数に応じて変化する補助関数 $F$ を判定基準関数 $H$ として用い、エネルギー関数 $E$ の値がこの判定基準関数 $H$ により規定される基準値より小さくなると、繰り返し演算処理部14に繰り返し演算処理を終了させる。このように決定された終了タイミングにおいては、輪郭抽出の適確性と計算コストとが妥当にバランスされている。
- [0089] すなわち、図14に示されるように、演算回数が少ないうちは基準値が比較的小さな値となっているので、エネルギー関数 $E$ が十分小さな値となっていない限りは収束したとみなされない。したがって、動的曲線が対象物の輪

郭を十分に捉えられていないうちに、繰り返し演算処理が終了されてしまうといった事態を回避できる（例えばエネルギー関数E<sub>c</sub>の繰り返し演算終了タイミング参照）。

[0090] 一方、演算回数が増えるにつれて、基準値が徐々に大きな値に変更されていくので、演算回数が増えてくると、実際にはまだ完全に収束していないエネルギー関数Eであっても収束したものとみなして繰り返し演算処理を終了する。したがって、完全に収束するまでに相当の演算回数が必要とされるエネルギー関数Eであっても、演算回数が過度に大きくなる前に演算処理を終了することができる（例えば、エネルギー関数E<sub>b</sub>の繰り返し演算終了タイミング参照）。

[0091] なお、特に、補助関数Fをその増加率が演算回数に応じて大きくなる関数により規定することによって、最低限必要な輪郭抽出の適確性を確実に保証しつつ、計算コストが過大となることを防止することができる。

[0092] 〈変形例〉

〈1. 第1の変形例〉

上記の各実施の形態においては、補助関数Fが、増加率が演算回数に応じて大きくなる関数により規定されるものとしたが、補助関数は単調増加関数であればどのような形の関数であってもよい。例えば、一次関数であってもよいし、二次関数であってもよい。

[0093] 特に、輪郭抽出が行われる目的（輪郭抽出が用いられるアプリケーション）に応じた補助関数Fを設定することによって、各種の目的（アプリケーション）に応じた輪郭抽出を行うことができる。

[0094] 例えば、比較的大きな増加率の関数で補助関数Fを設定すれば、対象物の輪郭を、低い計算コスト・短い計算時間で特定することができる。したがって、対象物の輪郭を、粗くてもよいので低い計算コスト・短い計算時間で特定することが求められるアプリケーションの場合は、このような補助関数Fを設定すればよい。

[0095] 一方、比較的小さな増加率の関数で補助関数Fを設定すれば、対象物の輪

郭を適確に特定することができる。したがって、対象物の輪郭を、計算コスト・計算時間は掛かってもよいので適確に特定することが求められるアプリケーションの場合は、このような補助関数 F を設定すればよい。

[0096] 〈2. 第2の変形例〉

第1の実施の形態に係る終了指示部15は、判定関数Gを用いて終了タイミングを判定する構成としていた。ここで用いられる判定関数Gは、エネルギー関数Eと補助関数Fとの線形和により表されるものとしたが、これら関数E、Fの重み付け線形和により表されるものであってもよい。例えば、補助関数Fに重み付け係数を付加した場合、判定関数Gは、下記(式6)で与えられる関数となる。ただし、(式6)中、「Wf」は、補助関数Fに付される重み付け係数を表している。

[0097]  $G = E + Wf * F \quad \dots$  (式6)

[0098] 重み付け係数Wfの値は、輪郭抽出の適確性と計算コストとをどのようにバランスさせるかを規定する値であり、どのような目的で輪郭抽出が行われるか(どのようなアプリケーションにおいて輪郭抽出を行うか)に応じて設定することが望ましい。

[0099] 例えば、重み付け係数Wfの値を比較的大きな値とすると、補助関数Fの影響が大きくなる。補助関数Fは、繰り返し演算の回数を小さく抑える傾向(すなわち、終了タイミングを早める方向)に働く力であるので、この場合は、計算コストを抑えて迅速に対象物の輪郭を抽出することができる。したがって、例えば、輪郭抽出が、対象物の輪郭を大まかでよいので計算コストを抑えて迅速に抽出することが求められるアプリケーションに用いられる場合は、重み付け係数Wfの値を比較的大きな値に設定しておけばよい。

[0100] 一方、重み付け係数Wfの値を比較的小さな値とすると、エネルギー関数Eの影響が大きくなる。この場合は、対象物の輪郭を適確に抽出することができる。したがって、例えば、輪郭抽出が、時間や計算コストがかかってもよいので対象物の輪郭を適確に抽出することが求められるアプリケーションに用いられる場合は、重み付け係数Wfの値を比較的小さな値に設定してお

けばよい。

[0101] このように、この変形例においては、重み付け係数 $W_f$ の値を調整することによって、輪郭抽出が行われる目的（輪郭抽出が用いられるアプリケーション）に応じた輪郭抽出を行うことができる。

[0102] 〈3. 第3の変形例〉

第2の実施の形態に係る終了指示部15aは、判定基準関数 $H$ を用いて終了タイミングを判定する構成していた。上記においては、補助関数 $F$ をそのまま判定基準関数 $H$ として用いる構成としたが、補助関数 $F$ に係数を付した関数を、判定基準関数 $H$ として用いる構成としてもよい。この場合、判定基準関数 $H$ は、下記（式7）で与えられる関数となる。ただし、（式7）中「 $W_h$ 」は、補助関数 $F$ に付される係数を表している。

[0103]  $H = W_h * F \quad \dots$ （式7）

[0104] 係数 $W_h$ の値は、上記の重み付け係数 $W_f$ と同様、輪郭抽出の適確性と計算コストとをどのようにバランスさせるかを規定する値であり、どのような目的で輪郭抽出が行われるかに応じて設定することが望ましい。

[0105] 例えば、係数 $W_h$ の値を1より大きな値とすると、終了タイミングを規定する基準値の値が大きな値となるので、終了タイミングが早まる。この場合は、計算コストを抑えて迅速に対象物の輪郭を抽出することができる。したがって、例えば、輪郭抽出が、対象物の輪郭を大まかでよいので計算コストを抑えて迅速に抽出することが求められるアプリケーションに用いられる場合は、係数 $W_h$ の値を1より大きな値に設定しておけばよい。

[0106] 一方、係数 $W_h$ の値を1より小さな値とすると、終了タイミングを規定する基準値の値が小さな値となるので、終了タイミングが遅くなる。この場合は、ある程度の計算コストは要する場合があるものの、対象物の輪郭を適確に抽出することができる。したがって、例えば、輪郭抽出が、時間や計算コストがかかってもよいので対象物の輪郭を適確に抽出することが求められるアプリケーションに用いられる場合は、係数 $W_h$ の値を1より小さな値に設定しておけばよい。

[0107] このように、この変形例においては、係数 $W_h$ の値を調整することによって、輪郭抽出が行われる目的（輪郭抽出が用いられるアプリケーション）に応じた輪郭抽出を行うことができる。

[0108] 〈4. 第4の変形例〉

上記の各実施の形態においては、エネルギー関数 $E$ が、繰り返し演算の過程で減少する滑らかな関数であることが前提となっており、本来、エネルギー関数 $E$ はそのような関数であるはずである。ところが、実際の実装態様においては、エネルギー関数 $E$ にわずかな振れ等（ノイズ）現れる場合がある。例えば、繰り返し演算の途中で再初期化処理が行われた場合、エネルギー関数 $E$ が瞬間的に微増してしまう。このようなノイズを含むエネルギー関数 $E$ では、適切に終了タイミングを決定することができない可能性がある。

[0109] これを回避するためには、エネルギー関数 $E$ からノイズを除去した近似エネルギー関数を取得し、エネルギー関数 $E$ に変えてこの近似エネルギー関数を用いればよい。近似エネルギー関数を取得する方法はどのようなものであってもよい。例えば、一定の時間間隔でエネルギー関数 $E$ の値をサンプリングして離散サンプリングデータを取得し、得られる値により規定される曲線を近似エネルギー関数として取得してもよい。また、エネルギー関数 $E$ を最小二乗法等で近似して得られる曲線を近似エネルギー関数として取得してもよい。

[0110] 〈5. その他の変形例〉

上記の各実施の形態は、各種の動的輪郭モデル（例えば、レベルセット、スネーク等）を用いて対象物の輪郭を抽出する輪郭抽出装置に適用することができる。

## 符号の説明

- [0111] 1, 1 a 輪郭抽出装置  
2 制御部  
1 1 画像取得部  
1 2 初期形状設定部

- 1 3 エネルギー関数設定部
- 1 4 繰り返し演算処理部
- 1 5, 1 5 a 終了指示部
- 1 5 1 補助関数設定部
- 1 5 2, 1 5 2 a 終了タイミング判断部
- 1 5 2 1 判定関数設定部
- 1 5 2 2 極小値検出部
- 1 5 2 3 判定基準関数取得部
- 1 5 2 4 比較判断部
- P プログラム

## 請求の範囲

- [請求項1] 動的輪郭モデルを用いて対象物の輪郭を抽出する輪郭抽出装置であって、
- 自然物を撮像して得られた対象画像を取得する画像取得部と、
- 前記対象画像に表れる対象物の輪郭を抽出するための動的曲線の初期形状を設定する初期形状設定部と、
- 前記動的曲線の状態に対応して定義される複数種類のエネルギー項の重み付き線形和により表され、抽出すべき輪郭の形状に近づくほど、その値が小さくなるように定式化されたエネルギー関数を設定するエネルギー関数設定部と、
- 前記エネルギー関数を繰り返し演算により最小化させる繰り返し演算部と、
- 前記繰り返し演算の繰り返し回数に応じて変化するように定式化された補助関数を設定する補助関数設定部と、
- 前記繰り返し演算の過程における前記エネルギー関数の変移と、前記繰り返し演算の過程における前記補助関数の変移とに基づいて、前記繰り返し演算を終了する終了タイミングを判断する終了タイミング判断部と、
- を備えることを特徴とする輪郭抽出装置。
- [請求項2] 請求項1に記載の輪郭抽出装置であって、
- 前記補助関数が、前記繰り返し回数に応じて単調増加するように定式化された関数であることを特徴とする輪郭抽出装置。
- [請求項3] 請求項2に記載の輪郭抽出装置であって、
- 前記補助関数が、その増加率が前記繰り返し回数に応じて大きくなる関数であることを特徴とする輪郭抽出装置。
- [請求項4] 請求項2に記載の輪郭抽出装置であって、
- 前記終了タイミング判断部が、
- 前記エネルギー関数と前記補助関数との線形和により表される判定

関数を設定する判定関数設定部、  
を備え、

前記繰り返し演算の過程で前記判定関数に極小値が現れた時点を、  
前記終了タイミングと判断することを特徴とする輪郭抽出装置。

[請求項5]

請求項2に記載の輪郭抽出装置であって、  
前記終了タイミング判断部が、

前記繰り返し演算の過程で前記エネルギー関数の値が前記補助関数の値よりも小さくなった時点を、前記終了タイミングと判断することを特徴とする輪郭抽出装置。

[請求項6]

コンピュータに記憶され、前記コンピュータにおいて実行されることにより、前記コンピュータを、動的輪郭モデルを用いて対象物の輪郭を抽出する輪郭抽出装置として機能させるプログラムであって、前記輪郭抽出装置が、

自然物を撮像して得られた対象画像を取得する画像取得部と、

前記対象画像に表れる対象物の輪郭を抽出するための動的曲線の初期形状を設定する初期形状設定部と、

前記動的曲線の状態に対応して定義される複数種類のエネルギー項の重み付き線形和により表され、抽出すべき輪郭の形状に近づくほど、その値が小さくなるように定式化されたエネルギー関数を設定するエネルギー関数設定部と、

前記エネルギー関数を繰り返し演算により最小化させる繰り返し演算部と、

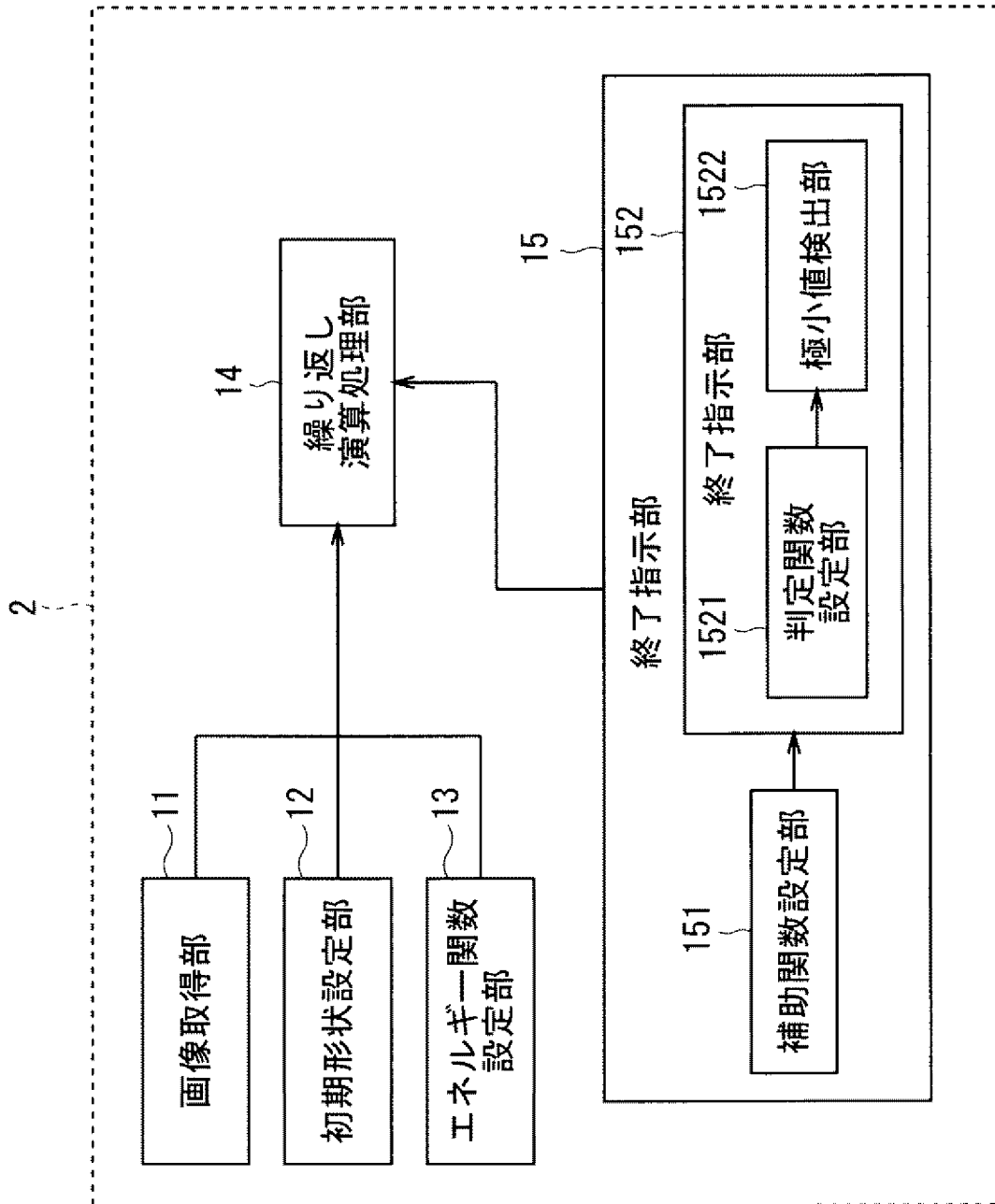
前記繰り返し演算の繰り返し回数に応じて変化するように定式化された補助関数を設定する補助関数設定部と、

前記繰り返し演算の過程における前記エネルギー関数の変移と、前記繰り返し演算の過程における前記補助関数の変移とに基づいて、前記繰り返し演算を終了する終了タイミングを判断する終了タイミング判断部と、

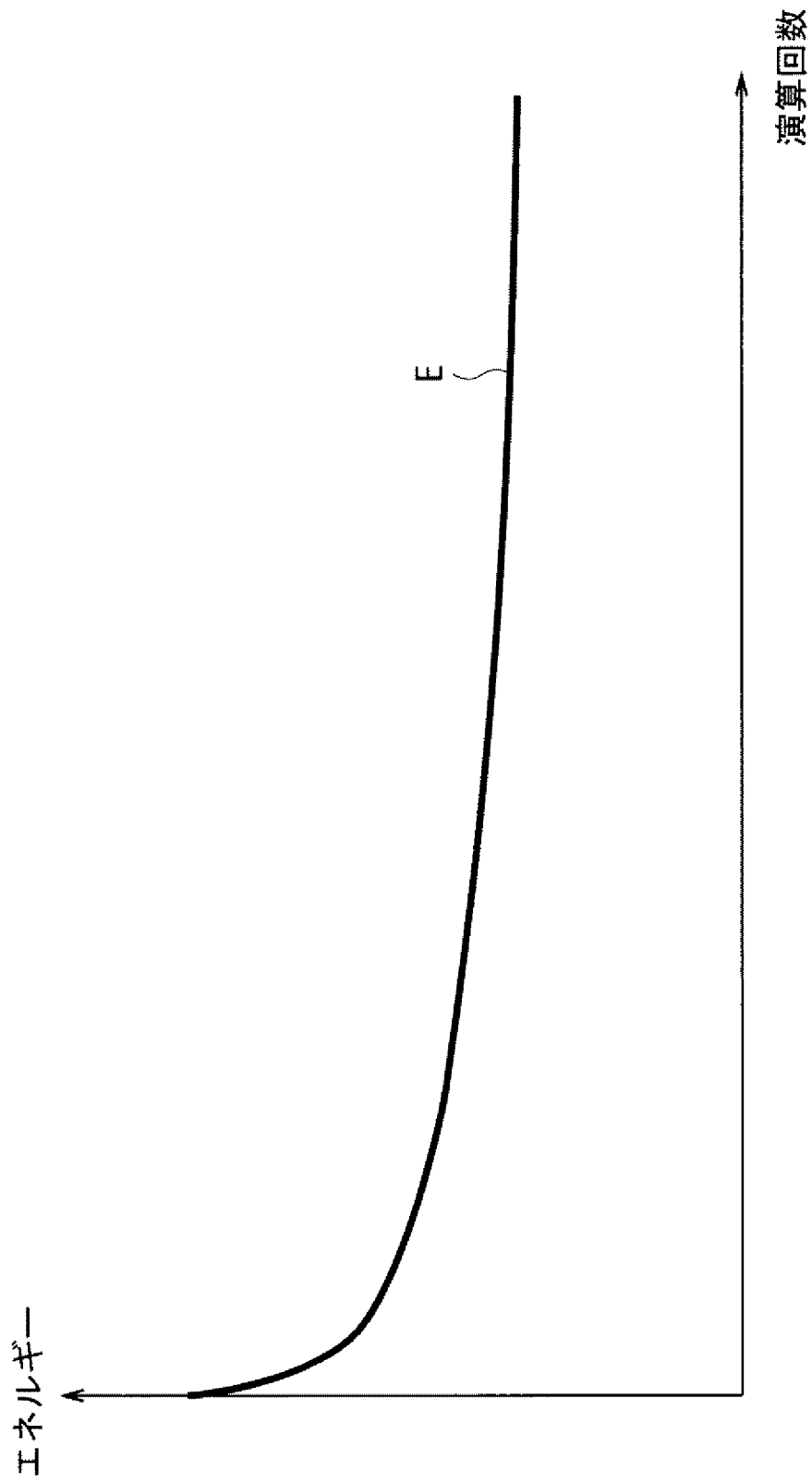
を備えることを特徴とするプログラム。



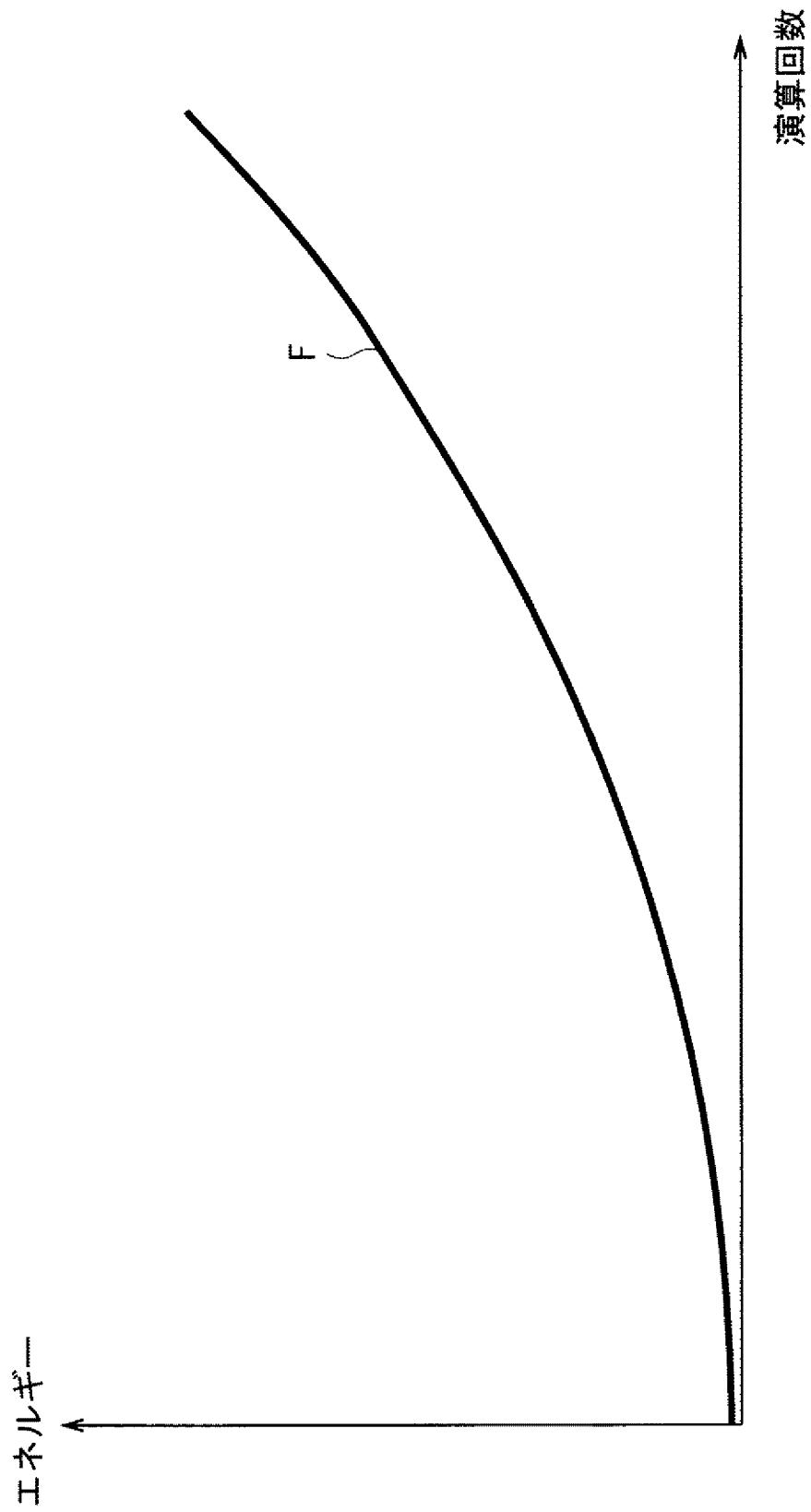
[図2]



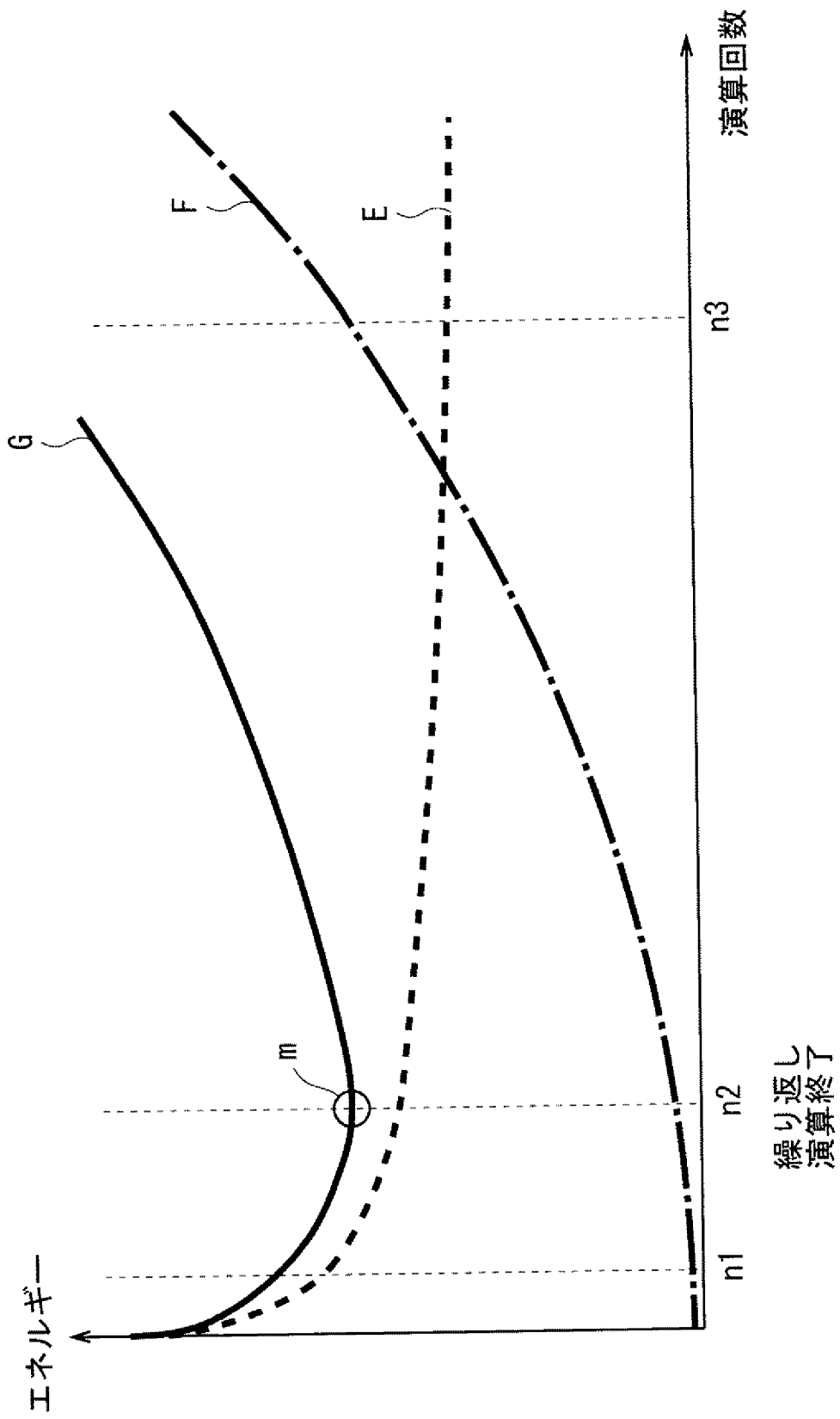
[図3]



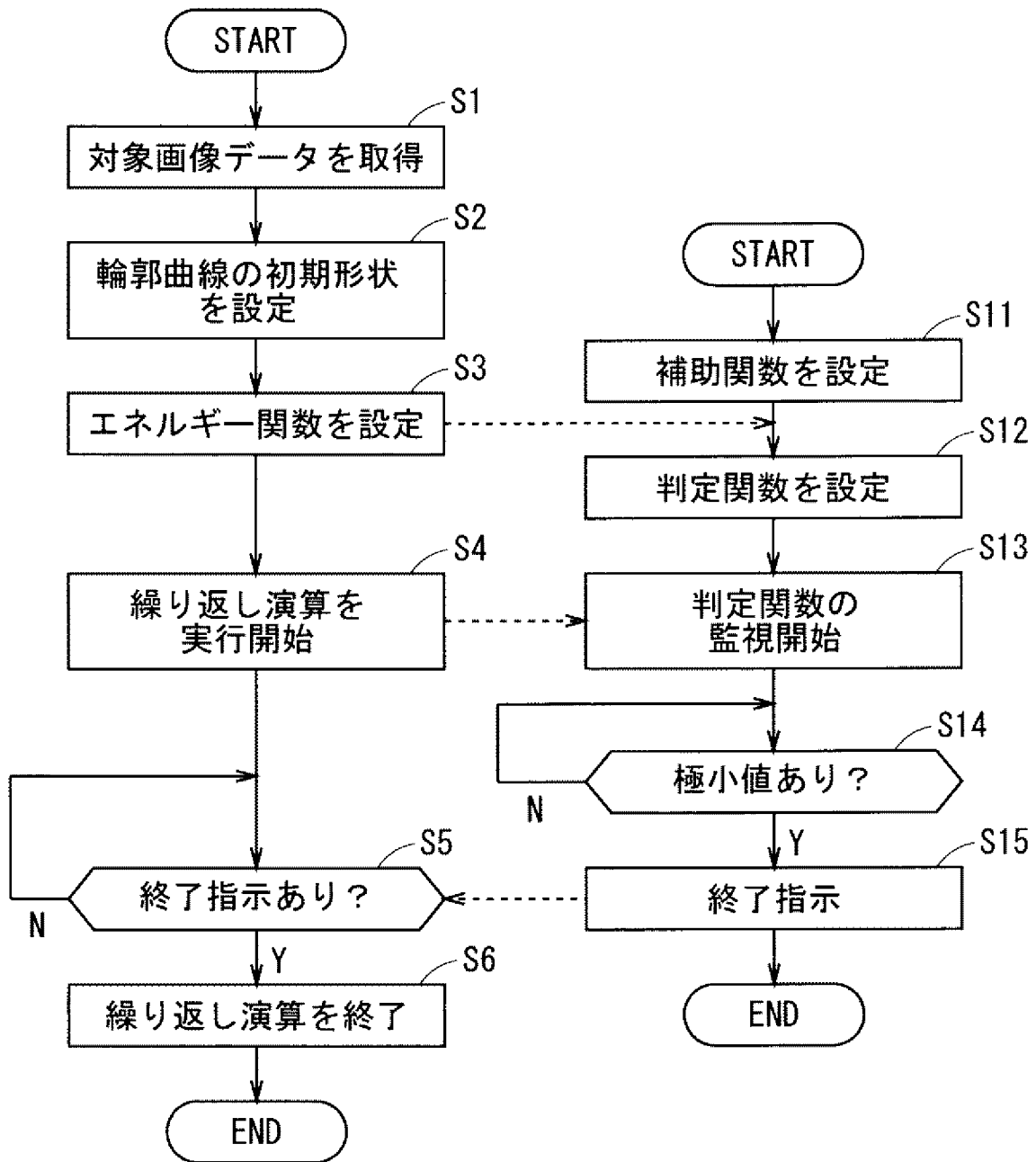
[図4]



[図5]

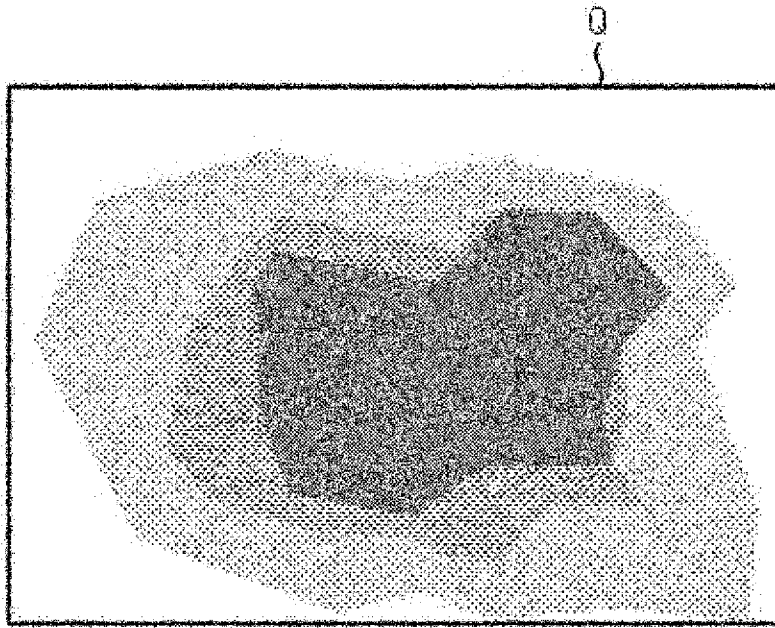


[図6]

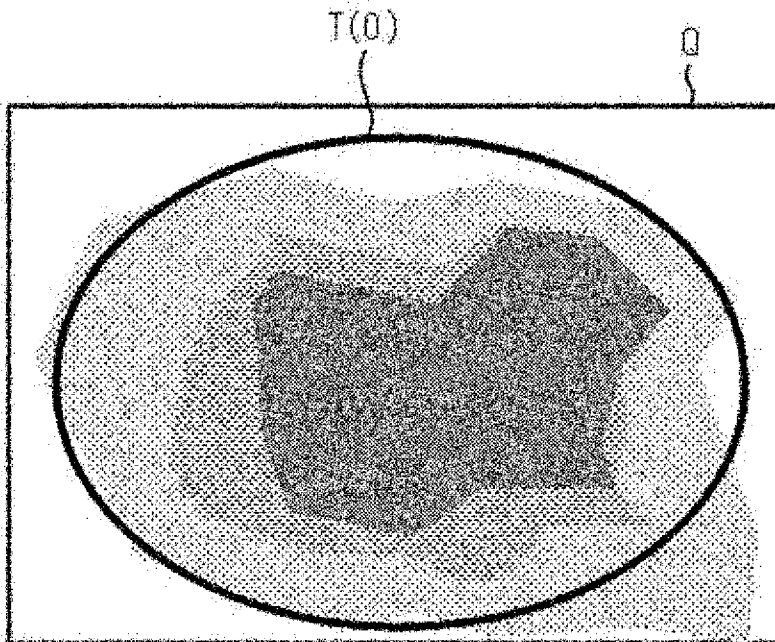


[図7]

(a)

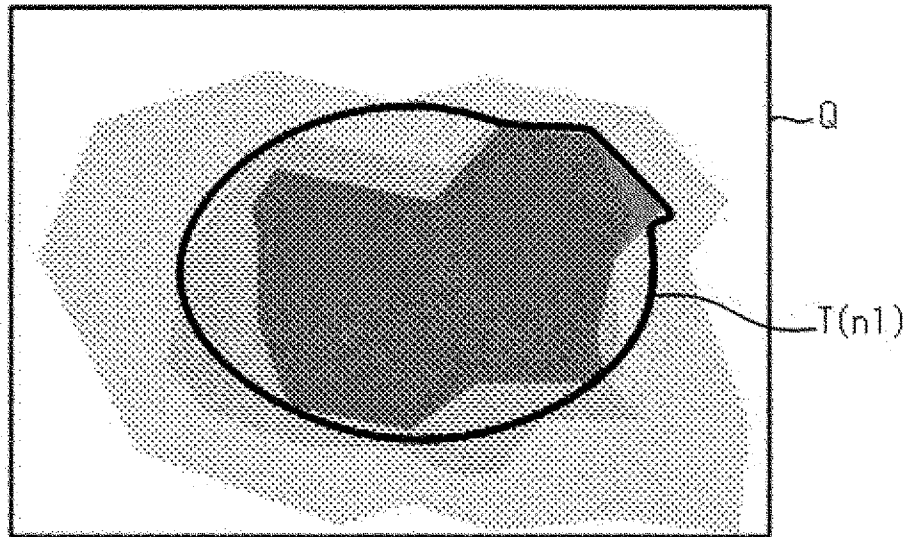


(b)

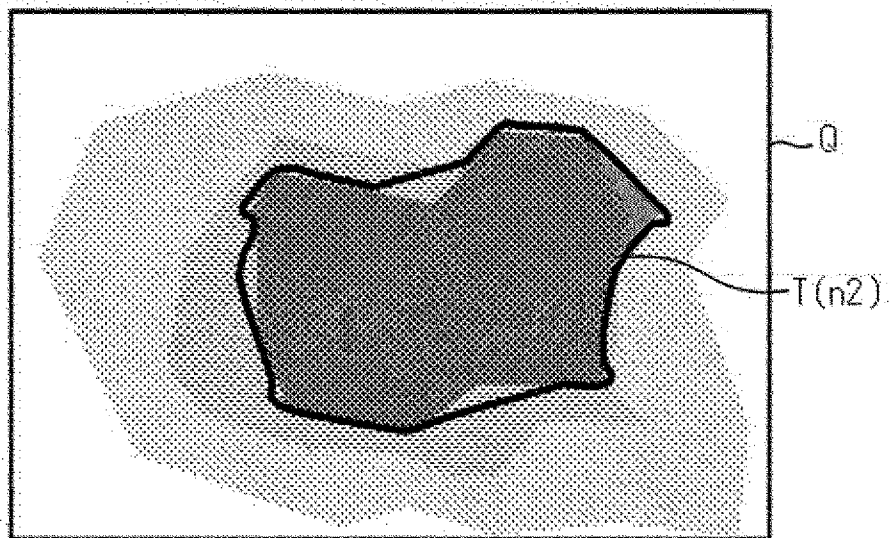


[図8]

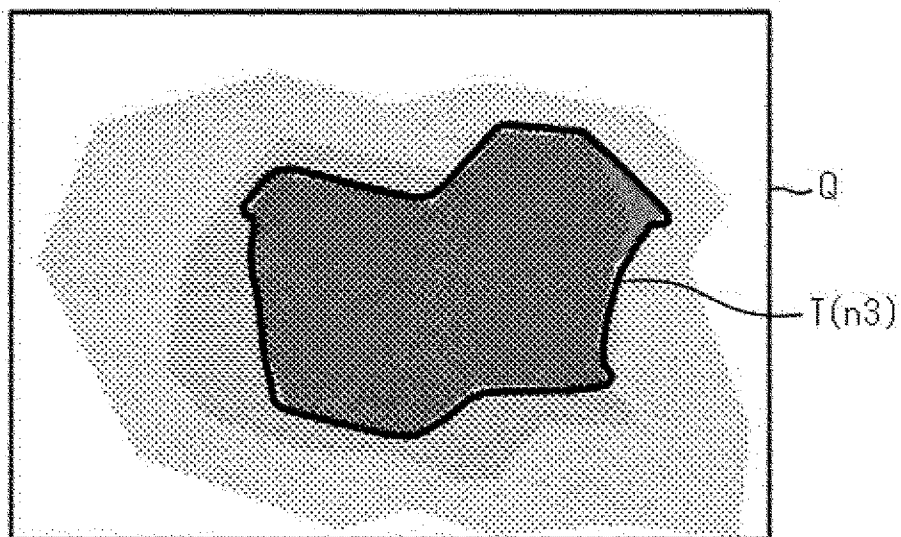
(a)



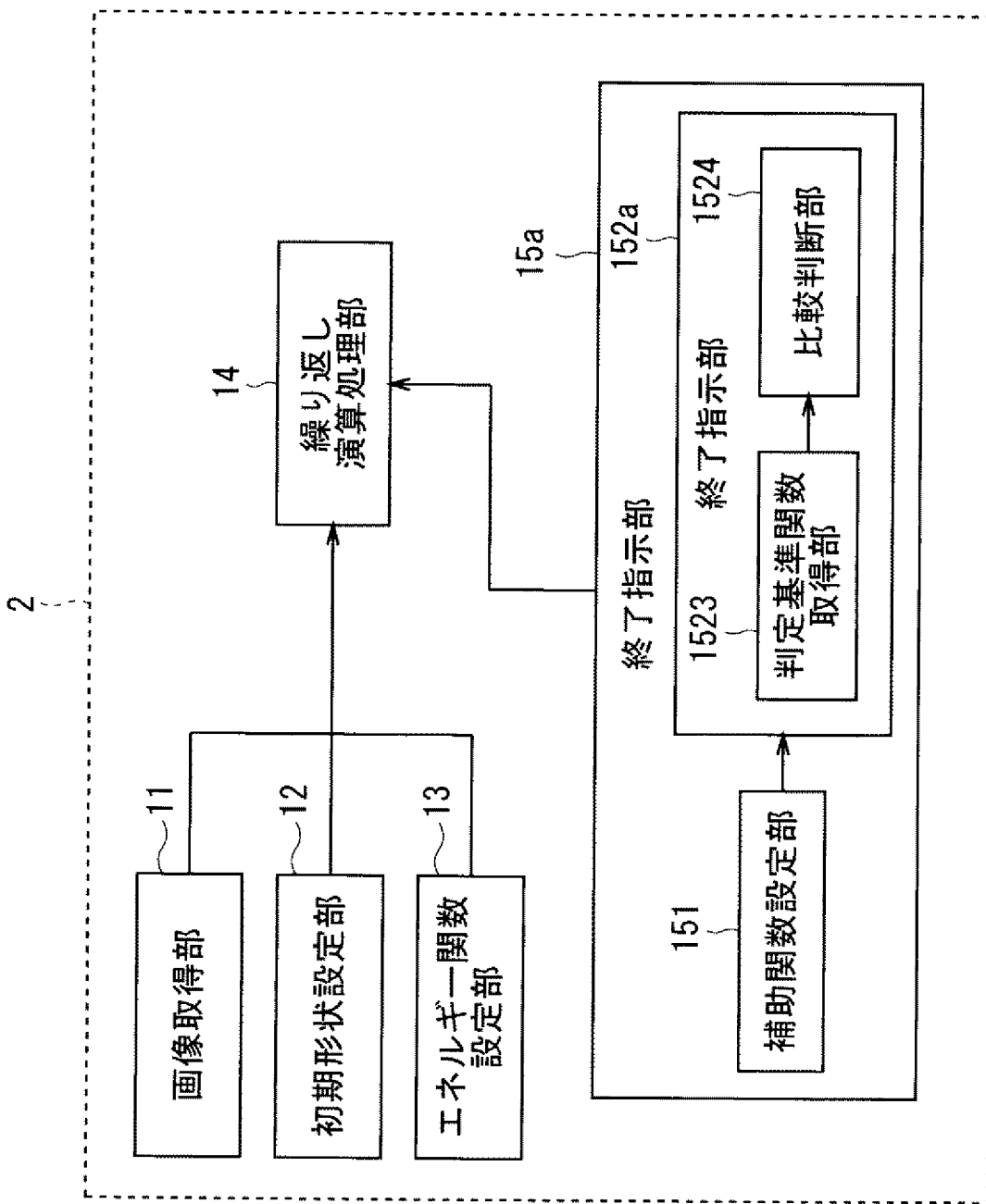
(b)



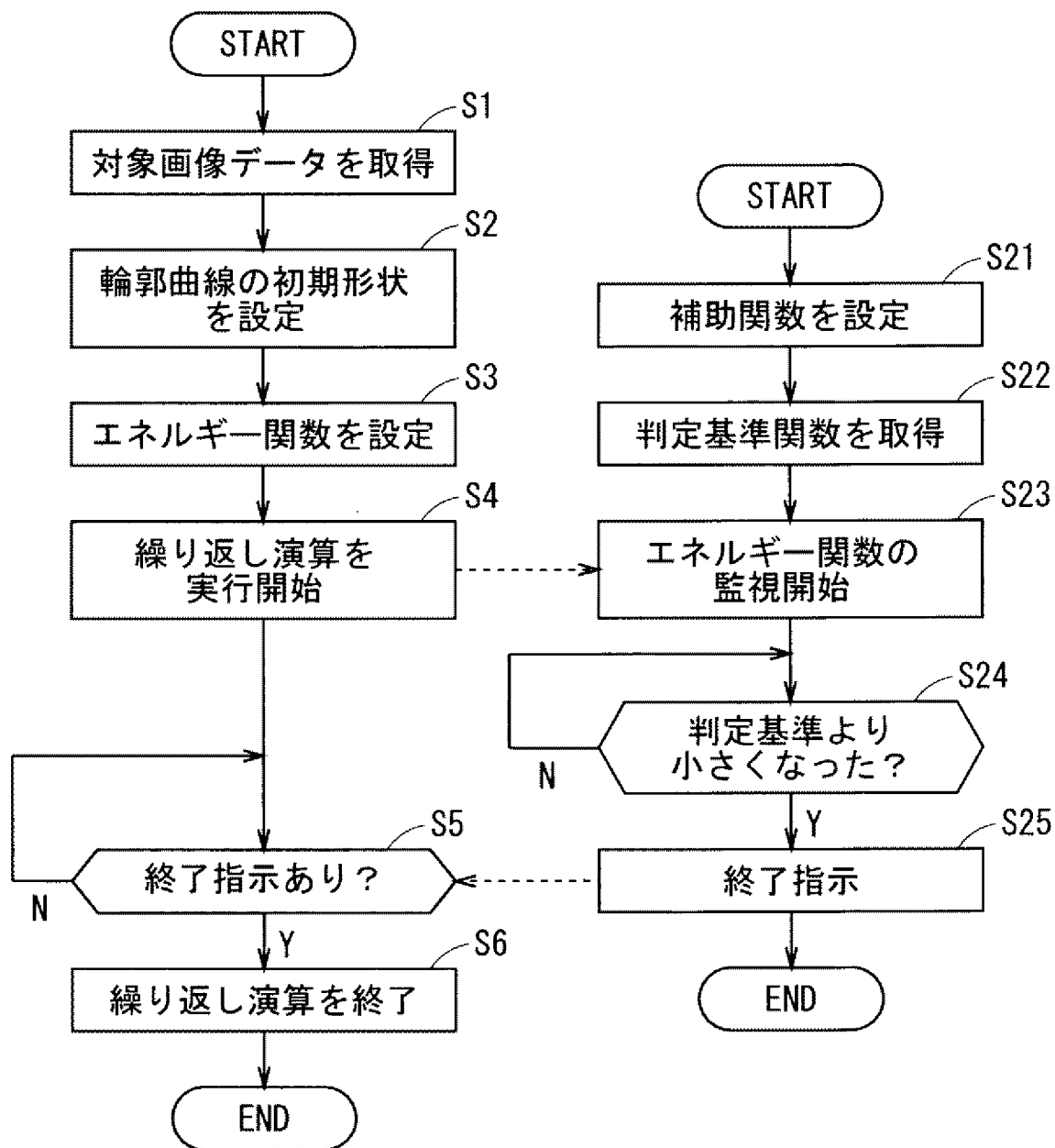
(c)



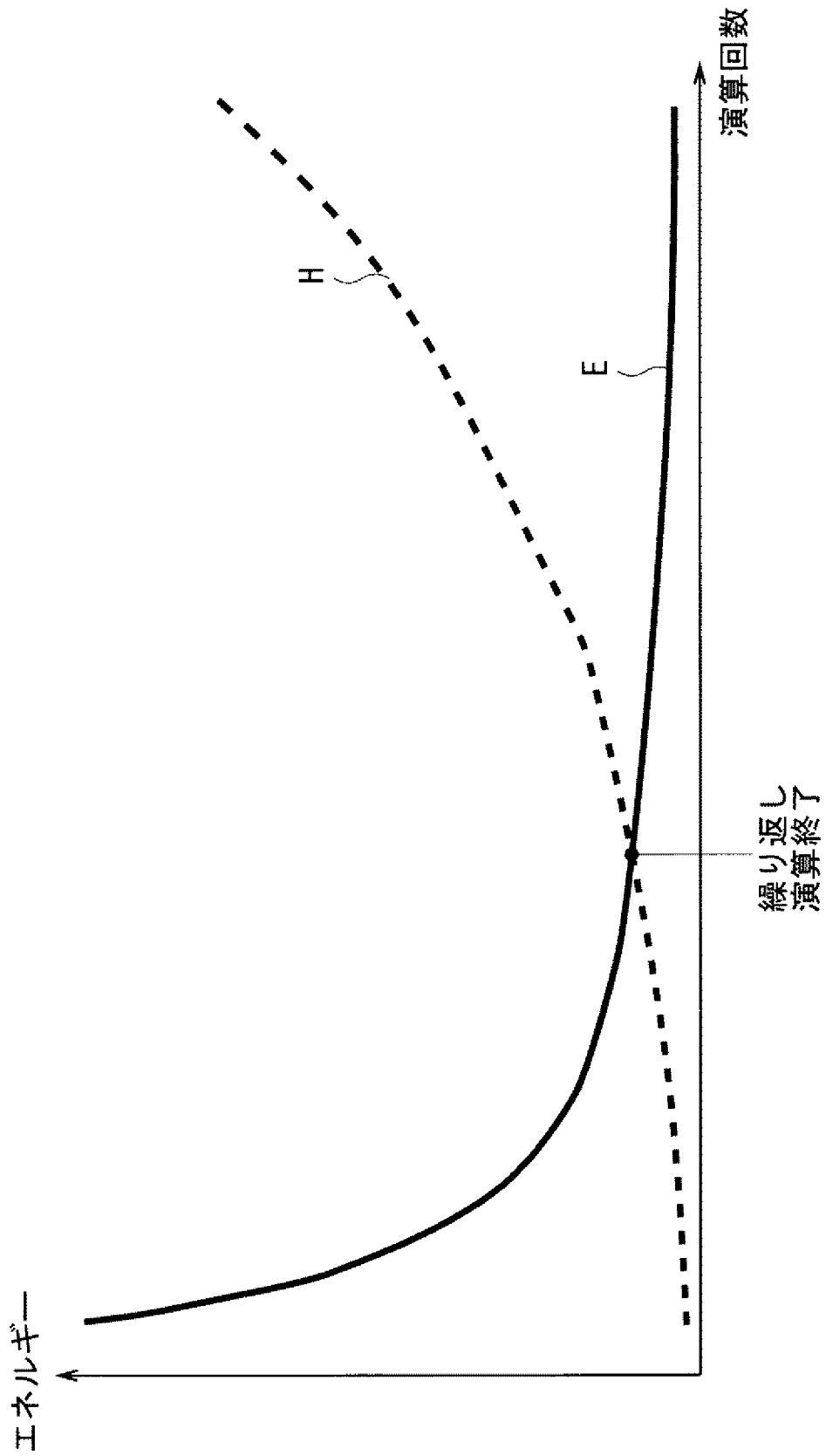
[図9]



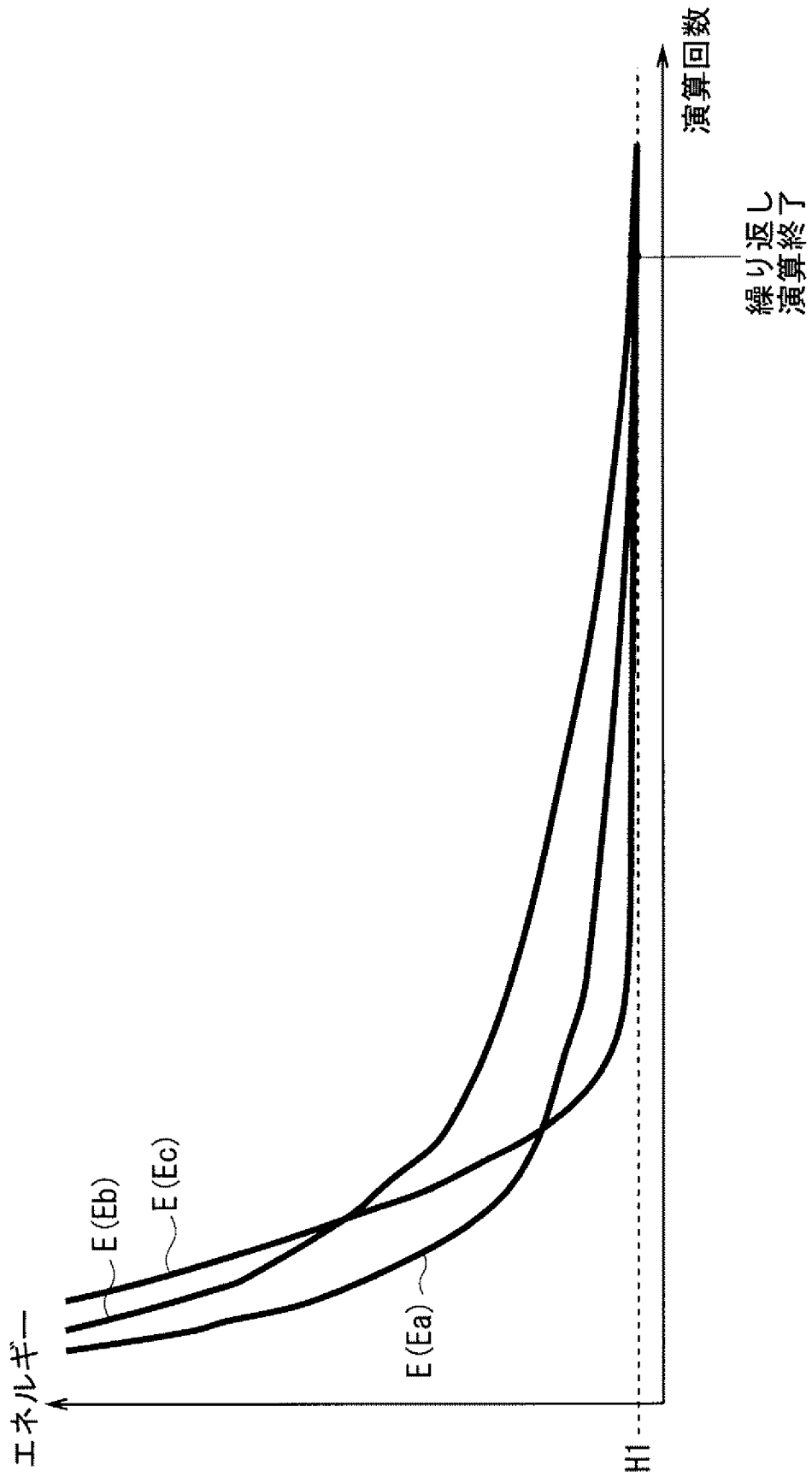
[図10]



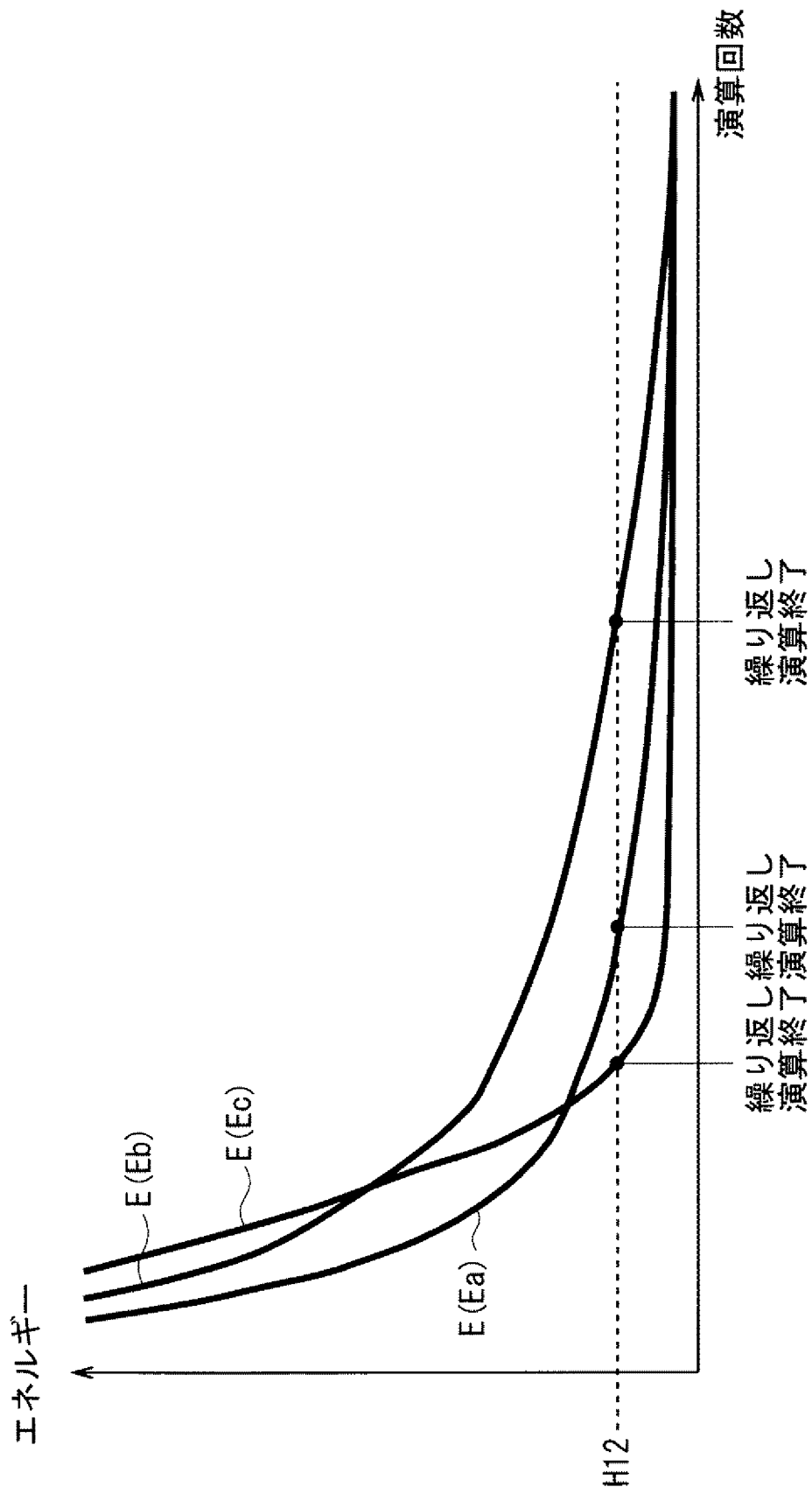
[図11]



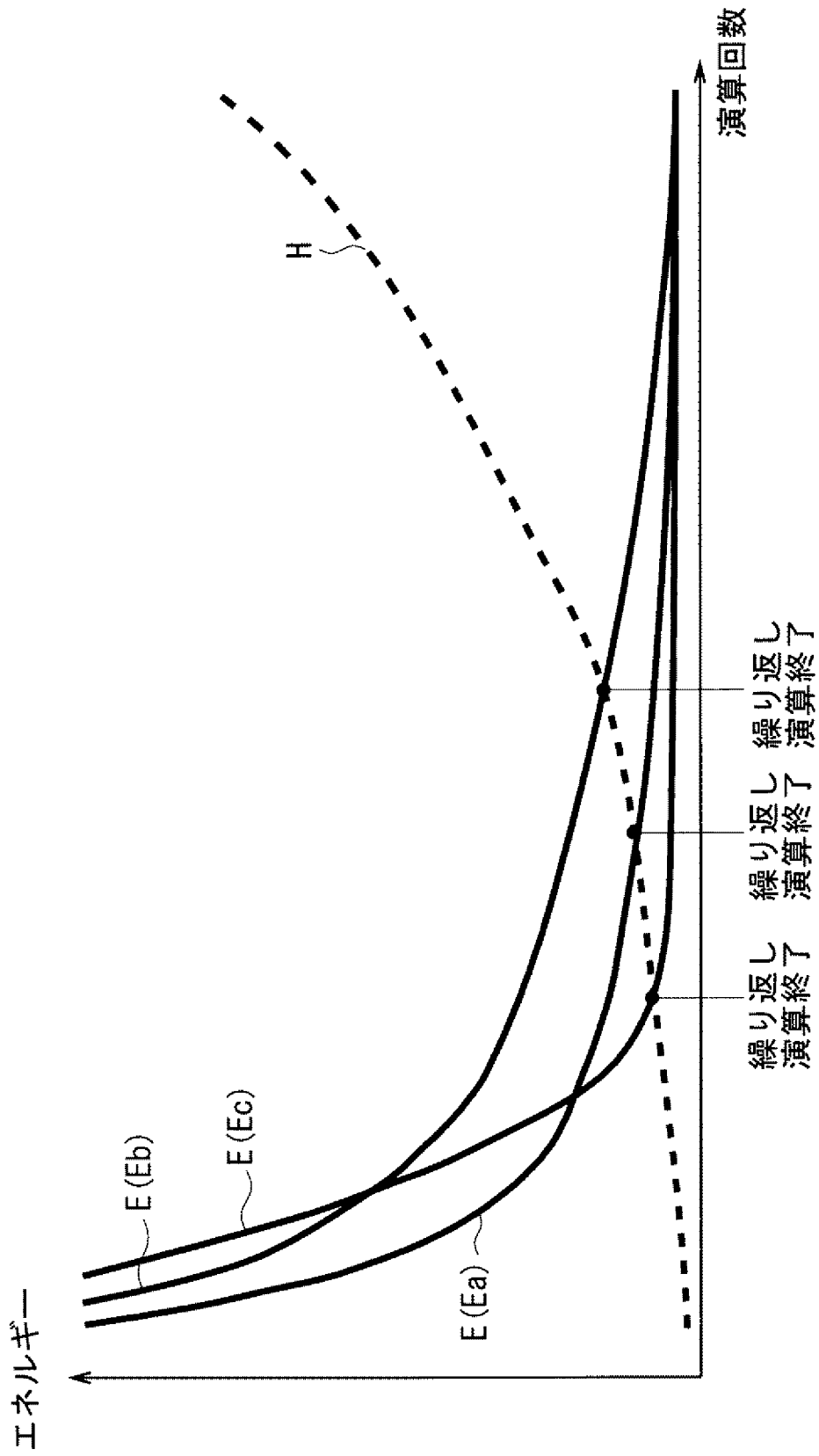
[図12]



[図13]



[図14]



**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No.

PCT/JP2010/054676

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**

G06T7/60 (2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

**B. FIELDS SEARCHED**

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G06T7/60

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2010
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2010	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2010

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2000-339452 A (Canon Inc.), 08 December 2000 (08.12.2000), paragraphs [0040] to [0046] (Family: none)	1-6
A	JP 7-320068 A (Toshiba Corp.), 08 December 1995 (08.12.1995), paragraphs [0116] to [0118], [0149] (Family: none)	1-6
A	JP 5-342353 A (Oki Electric Industry Co., Ltd.), 24 December 1993 (24.12.1993), paragraph [0013] (Family: none)	1-6

Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family annex.

\* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search  
02 April, 2010 (02.04.10)

Date of mailing of the international search report  
13 April, 2010 (13.04.10)

Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. G06T7/60(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. G06T7/60

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2010年
日本国実用新案登録公報	1996-2010年
日本国登録実用新案公報	1994-2010年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 2000-339452 A (キヤノン株式会社) 2000. 12. 08, 【0040】 - 【0046】 (ファミリーなし)	1-6
A	JP 7-320068 A (株式会社東芝) 1995. 12. 08, 【0116】 - 【0118】, 【0149】 (ファミリーなし)	1-6
A	JP 5-342353 A (沖電気工業株式会社) 1993. 12. 24, 【0013】 (フ ァミリーなし)	1-6

☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。

☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

\* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的な技術水準を示すもの  
 「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの  
 「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)  
 「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献  
 「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献  
 「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの  
 「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの  
 「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの  
 「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

02.04.2010

国際調査報告の発送日

13.04.2010

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)  
 郵便番号100-8915  
 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

佐藤 実

5H

3247

電話番号 03-3581-1101 内線 3531